

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

Jc490 U.S. PTO
09/471829
12/23/99

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

#4
Priority
Paper
4/19/00
A. Jensen

出願年月日
Date of Application:

1998年12月24日
December 24, 1998

出願番号
Application Number:

平成10年特許願第367660号
Pat. Appln. No. 10-367660

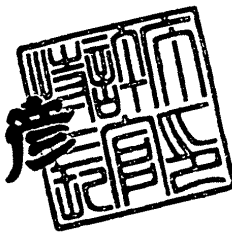
出願人
Applicant(s):

シャープ株式会社
Sharp Kabushiki Kaisha

1999年10月29日
October 29, 1999

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤隆彦



Takahiko Kondo

出証番号 出証特平11-3074294

Shutsu-sho-No. Shutsu-sho-toku-hei 11-3074294

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC490 U.S. PTO
09/471829
12/23/99

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1998年12月24日

出願番号
Application Number:

平成10年特許願第367660号

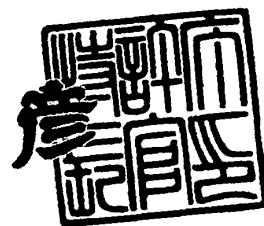
出願人
Applicant(s):

シャープ株式会社

1999年10月29日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-3074294

【書類名】 特許願

【整理番号】 1981195

【提出日】 平成10年12月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/06
G01J 3/42
G01N 21/27
G01N 21/41
G01N 21/45

【発明の名称】 薄膜の膜厚測定装置およびその方法

【請求項の数】 10

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 畑中 正嗣

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 田中 潤一

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
【氏名】 谷川 徹

【特許出願人】
【識別番号】 000005049
【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】
【識別番号】 100064746

【弁理士】

【氏名又は名称】 深見 久郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008693

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9106002

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜の膜厚測定装置およびその方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に対してほぼ垂直に光を照射し、前記基板からの反射光を受光するための受発光手段と、

前記受発光手段が受光した反射光の強度に基づいて前記基板の薄膜の膜厚を解析するための解析手段とを含む薄膜の膜厚測定装置。

【請求項 2】 前記受発光手段は、光源と、

前記光源からの光を前記基板上に導き、該基板からの反射光を受光して前記受発光手段へ導く光ファイバとを含む、請求項 1 記載の薄膜の膜厚測定装置。

【請求項 3】 前記光ファイバは、前記光源からの光を前記基板上の複数箇所に導き、該複数箇所からの反射光を受光する分岐型光ファイバであり、

前記薄膜の膜厚測定装置はさらに、前記分岐型光ファイバが受光した複数の反射光を選択的に遮断するシャッタを含む、請求項 2 記載の薄膜の膜厚測定装置。

【請求項 4】 前記解析手段は、前記基板からの反射光を波長ごとの強度に分解するための分光手段と、

前記分光手段によって分解された波長ごとの強度に基づいて前記基板の薄膜の膜厚を算出するための算出手段とを含む、請求項 1～3 のいずれかに記載の薄膜の膜厚測定装置。

【請求項 5】 前記算出手段は、前記基板の屈折率を n_0 、前記薄膜の屈折率を n_1 、空気の屈折率を n_2 、光の波長を λ 、および前記薄膜の吸収係数を k とすると、次式によって前記薄膜の膜厚を算出する、請求項 4 記載の薄膜の膜厚測定装置。

【数 1】

$$R = \frac{R(2,1) + R(1,0) \times k^2 + 2 \times \rho(2,1) \times \rho(1,0) \times k \times \cos(\gamma)}{1 + R(2,1) + R(1,0) \times k^2 + 2 \times \rho(2,1) \times \rho(1,0) \times k \times \cos(\gamma)} \quad \dots (1)$$

$$\rho(2,1) = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \quad \dots (2)$$

$$\rho(1,0) = \frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} \quad \dots (3)$$

$$R(2,1) = \rho(2,1)^2 \quad \dots (4)$$

$$R(1,0) = \rho(1,0)^2 \quad \dots (5)$$

$$\gamma = 4\pi n_1 d / \lambda \quad \dots (6)$$

【請求項 6】 前記算出手段は、前記基板の屈折率を n_0 、前記基板から p 層目の薄膜の屈折率を $n(p)$ 、空気の屈折率を $n(p+1)$ 、光の波長を λ 、および前記 p 層目の薄膜の吸収係数を k とすると、次式によって前記薄膜の膜厚を算出する、請求項 4 記載の薄膜の膜厚測定装置。

【数 2】

$$R(p+1,0) = \frac{R(p+1,p) + R(p,0) \times k^2 + 2 \times \rho(p+1,p) \times \sqrt{R(p,0)} \times k \times \cos(\gamma(p,0) + \gamma(p))}{1 + R(p+1,p) \times R(p,0) \times k^2 + 2 \times \rho(p+1,p) \times \sqrt{R(p,0)} \times k \times \cos(\gamma(p,0) + \gamma(p))} \quad \dots (7)$$

$$\rho(p+1,p) = \frac{n(p) - n(p+1)}{n(p) + n(p+1)} \quad \dots (8)$$

$$R(p+1,p) = \rho(p+1,p)^2 \quad \dots (9)$$

$$\tan \gamma(p,0) = \frac{\sqrt{R(p-1,0)} \times (1 - \rho(p,p-1)^2) \times \sin(\gamma(p-1,0) + \gamma(p-1))}{\rho(p,p-1) \times (1 + R(p-1,0)) + \sqrt{R(p-1,0)} \times (1 + \rho(p,p-1)^2) \times \cos(\gamma(p-1,0) + \gamma(p-1))} \quad \dots (10)$$

$$\gamma(p) = 4\pi n(p) d(p) \cos \theta(p) / \lambda \quad \dots (11)$$

【請求項 7】 前記受発光手段は、ロボットハンド上に置かれた基板に対してほぼ垂直に光を照射する、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜の膜厚測定装置。

【請求項 8】 前記受発光手段は、成膜装置のゲートバルブの出口付近に設置される、請求項 1～7 のいずれかに記載の薄膜の膜厚測定装置。

【請求項 9】 基板に対してほぼ垂直に光を照射し、前記基板からの反射光を受光するステップと、

前記受光された反射光の強度に基づいて前記基板の薄膜の膜厚を解析するステップとを含む薄膜の膜厚測定方法。

【請求項 10】 前記薄膜の膜厚を測定するステップは、前記基板からの反射光を波長ごとの強度に分解するステップと、

前記分解された波長ごとの強度に基づいて前記基板の薄膜の膜厚を算出するステップとを含む、請求項 9 記載の薄膜の膜厚測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、透明または半透明の各種薄膜の膜厚を測定する技術に関し、特に、光干渉法を用いて各種薄膜の膜厚を測定する薄膜の膜厚測定装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体基板や液晶基板等の製造において、薄膜形成技術が広く用いられている。この薄膜形成技術によって形成された薄膜の不具合を検出するためには、形成された薄膜の膜厚を測定することが重要となる。

【0003】

従来、薄膜形成装置によって形成された薄膜の膜厚を測定する場合、膜厚の測定に多大な時間が必要であり、その測定装置も大掛かりなものとなるため、オフラインでの測定が主であった。薄膜の膜厚を測定する手法として、直接薄膜の段差を測定する触針法やエリプソメータによる測定法等、様々な手法が用いられている。

【0004】

図 10 は、エリプソメータを用いた膜厚測定装置の概略構成を示している。光

源からの光は、偏光子 101 によって偏光されて基板 103 上に照射される。基板 103 で反射された光は、検光子 102 によって受光される。検光子 102 は、基板 103 によって反射された光の偏光状態を検出し、検出器が入射光の偏光状態と反射光の偏光状態とを比較することによって膜厚の光学定数（屈折率、消衰係数）を求める。

【0005】

しかし、図 11 に示すように、基板 106 と薄膜層 104 との間に配線パターン 105 等がある場合、その部分に微妙な凹凸があるため上述した測定手法では膜厚の測定ができない。そのため、基板の任意の点の膜厚を測定するために、配線パターンのないダミー基板上に成膜を行い、その薄膜の任意の点の膜厚を測定する。そして、ダミー基板上の薄膜の不具合がなくなるように成膜条件を決定し、その成膜条件を実際の生産品に適用して同様の成膜がなされていると仮定して生産を行っていた。

【0006】

また、基板上の凹凸の影響が少ない測定手法として、光の干渉を利用した手法がある。この光干渉法は、基板によって反射された光または基板を透過した光の分光スペクトルを解析することにより薄膜の膜厚を測定するものである。光干渉法が基板上の凹凸の影響を受け難いのは、配線パターンの面積が測定ポイントにおける測定範囲の面積に対してわずかな比率でしかないためと考えられる。

【0007】

図 12 を参照して、光干渉法の一例を説明する。光源から照射された光は、基板 103 によって反射される。この反射光は、薄膜 104 の表面で反射する光①と、薄膜 104 と基板（基板 103 のうち薄膜 104 を除く部分）106 との界面で反射する光②とを合わせたものである。

【0008】

図 13 は、分光器によって検出された反射光（図 12 に示す反射光）の波長と、光強度との関係を示すグラフである。このグラフは、横軸を反射光の波長とし、縦軸をその光強度としている。光①と光②とが互いに干渉して、見かけ上反射光の波長によって光強度に強弱が発生する。この光の干渉は光①と光②との光路

差によって発生するため、薄膜 104 の膜厚に依存することとなり、波長－光強度の曲線の形状も薄膜 104 の膜厚によって変化する。したがって、波長－光強度の曲線を解析することによって薄膜 104 の膜厚を求めることができる。

【0009】

図 13 に示す波長－光強度の曲線の解析手法として、ピーク・バレイ法と呼ばれる手法がある。この手法は、波長－光強度の曲線において光強度がピーク（図 13 の a 点および b 点）となる波長を求め、その関係式から薄膜の膜厚を求めるものである。

【0010】

また、特開平 5-10726 号公報に開示された発明は、波長－光強度の曲線において単に光強度がピークとなる波長を求めるだけでなく、薄膜形成基板の透過光を測定して波長－光強度の曲線を求め、理論式から求めた波長－光強度の曲線が実測の波長－光強度の曲線に最も近づくように膜厚 d と屈折率 n とを変化させて解析するものである。T を薄膜の透過率、 n を薄膜の屈折率、 n_0 を空気の屈折率、 n_1 を透明基板の屈折率とすると、次式の関係が成り立つ。

【0011】

【数 3】

$$T = \frac{4 \times n^2 \times (n_0 + n_1)^2}{(n + n_0)^2 \times (n + n_1)^2} \times \frac{1}{1 + r_0 \times r_1 + 2 \times r_0 \times r_1 \times \cos(\delta + \delta_0 + \delta_1)}$$

… (12)

【0012】

ただし、 r_0 は光が空気中から薄膜に入射するときの振幅反射率、 r_1 は光が薄膜から透明基板に入射するときの振幅反射率、 δ は光が薄膜中を進行する時の位相のずれ、 δ_0 は光が空気中から薄膜に入射するときの位相のずれ、 δ_1 は光が薄膜から透明基板に入射するときの位相のずれを示している。

【0013】

光が薄膜中を進行する時の位相のずれ δ は、薄膜の膜厚 d と光の波長 λ とに依存するので、式 (12) から波長 λ と薄膜の透過率 T との関係を求めることがで

きる。したがって、薄膜の膜厚 d と薄膜の屈折率 n とを変化させて式 (12) から求まる波長-光強度 (透過率) 曲線が、実測の波長-光強度曲線に最も近づくようにし、そのときの薄膜の膜厚 d と薄膜の屈折率 n とを測定値とする。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

図10に示すエリプソメータを用いた膜厚測定装置においては、基板103と偏光子101および検光子102との位置関係が固定されていなければならないため、基板103の上下方向のずれ、傾斜または振動等がある場合、薄膜の膜厚の測定が不可能になるという問題点があった。また、偏光子101と検光子102との角度を精度良く設置する必要がある。そのため、基板103上の複数箇所を同時に測定するのが不可能であったり、インラインで限られたスペースに組み込むことが不可能であるという問題点があった。

【0015】

また、上述した配線パターンのないダミー基板上に成膜を行い、その薄膜の任意の点の膜厚を測定する方法においては、ダミー基板で最適な成膜条件を求めてその成膜条件を生産品の基板に適用したとしても、その生産品の基板が完全にダミー基板と同じ成膜状態になるとは限らないという問題点がある。

【0016】

また、基板の生産中に、その基板の薄膜自体の膜厚を直接測定することはできないため、成膜装置にトラブルが発生して不良品が発生したとしてもその不良が発見されるのは後工程の検査においてである。通常、成膜装置による成膜工程と検査工程との間には数種類の工程がある。そのため、検査工程において不良が発見されたとしても、その不良品が製造されてから発見されるまでにタイムラグがあり、その間に生産された基板にも不良品が含まれる可能性が高くなる。したがって、不良品が発見された場合にはその損害が大きなものとなるという問題点があった。

【0017】

また、液晶パネル等においては、ガラス基板と薄膜との間に電極パターンが格子状に配置されている。そのため、この電極パターンによって影響を受けない測

定手法が必要となる。この手法の1つとして、上述した光干渉法であるピーク・バレイ法が挙げられる。しかし、ピーク・バレイ法においては、測定した波長領域内に光強度のピークまたはバレイが2つ以上存在しなければ、理論的に薄膜の膜厚を算出することができなくなる。すなわち、図14に示すように光強度のピークまたはバレイが2つ以上なければ、薄膜の膜厚を算出することが不可能となる。また、光強度のピークまたはバレイが2つ以上ある場合でも、ピーク付近の波長域において薄膜に吸収があれば光強度のピーク位置がずれるため、正確な薄膜の膜厚を測定することが不可能となるという問題点があった。

【0018】

また、特開平5-10726号公報に開示された発明においては、波長-光強度曲線の波形自体を解析しているため、光強度のピークまたはバレイがなくても薄膜の膜厚を測定することが可能である。しかし、式(12)から分かるように、薄膜の吸収係数を考慮していない。そのため、測定波長域に薄膜の吸収がある場合には、薄膜の吸収がない波長領域まで測定領域をシフトする必要がある。したがって、測定対象として複数の薄膜に対応させようとするれば、光源や分光器等の光学系の仕様を広範囲に（波長域を広く）しなければならない。また、薄膜の種類によって適切な測定波長域を選択する機構を設ける必要もある。したがって、薄膜測定装置のコストが高くなるという問題点がある。また、測定波長域を適切に選択しなければならないため、広範囲の波長の照射が必要になる場合もあり、測定に要する時間が多大になるという問題点もあった。

【0019】

また、基板上に多層膜を成膜する場合においても、原理的に式(12)を応用して理論曲線を求めることは可能である。しかし、薄膜の数に比例してパラメータの数も増加するため、パラメータ全てを変化させて実測の波長-光強度曲線に一致する曲線を求めるには多大な時間が必要になるという問題点がある。また、多層膜の膜厚を求める理論式においては、各薄膜の膜厚の誤差の総和が多層膜の膜厚の誤差となるため、理論曲線と実測の曲線とが一致しにくくなるという問題点もある。

【0020】

さらには、成膜装置に膜厚測定装置を取付ける場合、基板の多ポイントを測定するためには、測定ポイントまで膜厚測定装置を移動させる機構が必要となり、成膜装置全体が大掛かりなものになるという問題点がある。また、測定ポイントまでの移動時間も必要になるため、測定時間が長くなるという問題点もある。また、膜厚測定装置を移動させる機構の精度がそのまま測定ポイントの位置精度となるので、その移動機構にも高い精度が要求されることになる。

【0021】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、第1の目的は、成膜された基板の薄膜の膜厚を成膜直後に測定することが可能な薄膜の膜厚測定装置を提供することである。

【0022】

本発明の第2の目的は、既存の成膜装置に設置する際の制約が少ない薄膜の膜厚測定装置を提供することである。

【0023】

本発明の第3の目的は、短時間で薄膜の膜厚を測定することが可能な薄膜の膜厚測定装置を提供することである。

【0024】

本発明の第4の目的は、成膜された基板の薄膜の膜厚を成膜直後に測定することが可能な薄膜の膜厚測定方法を提供することである。

【0025】

本発明の第5の目的は、既存の成膜装置に設置する際の制約が少ない薄膜の膜厚測定方法を提供することである。

【0026】

本発明の第6の目的は、短時間で薄膜の膜厚を測定することが可能な薄膜の膜厚測定方法を提供することである。

【0027】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の薄膜の膜厚測定装置は、基板に対してほぼ垂直に光を照射し、基板からの反射光を受光するための受発光手段と、受発光手段が受光した反射

光の強度に基づいて基板の薄膜の膜厚を解析するための解析手段とを含む。

【0028】

受発光手段は、基板に対してほぼ垂直に光を照射し、基板からの反射光を受光するので、基板の上下方向のずれや、基板の傾斜や、基板の振動等の影響を受け難くなる。

【0029】

請求項2に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項1に記載の薄膜の膜厚測定装置であって、受発光手段は、光源と、光源からの光を基板上に導き、基板からの反射光を受光して受発光手段へ導く光ファイバとを含む。

【0030】

受発光手段は、光源と光ファイバのみで構成できるので、薄膜の膜厚測定装置の構成を簡単にすることができる。

【0031】

請求項3に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項2に記載の薄膜の膜厚測定装置であって、光ファイバは光源からの光を基板上の複数箇所に導き、複数箇所からの反射光を受光する分岐型光ファイバであり、薄膜の膜厚測定装置はさらに分岐型光ファイバが受光した複数の反射光を選択的に遮断するシャッタを含む。

【0032】

シャッタは、分岐型光ファイバが受光した複数の反射光を選択的に遮断するので、基板上の複数の箇所を短時間で測定することが可能になる。

【0033】

請求項4に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項1～3のいずれかに記載の薄膜の膜厚測定装置であって、解析手段は基板からの反射光を波長ごとの強度に分解するための分光手段と、分光手段によって分解された波長ごとの強度に基づいて基板の薄膜の膜厚を算出するための算出手段とを含む。

【0034】

算出手段は、分光手段によって分解された波長ごとの強度に基づいて基板の薄膜の膜厚を算出するので、短時間で膜厚を算出することが可能になる。

【0035】

請求項 5 に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項 4 に記載の薄膜の膜厚測定装置であって、算出手段は基板の屈折率を n_0 、前記薄膜の屈折率を n_1 、空気の屈折率を n_2 、光の波長を λ 、および前記薄膜の吸収係数を k とすると、式 (1) によって薄膜の膜厚を算出する。

【0036】

算出手段は、式 (1) を用いて薄膜の膜厚を算出するので、さらに短時間で膜厚を算出することが可能となる。

【0037】

請求項 6 に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項 4 に記載の薄膜の膜厚測定装置であって、算出手段は基板の屈折率を n_0 、前記基板から p 層目の薄膜の屈折率を $n(p)$ 、空気の屈折率を $n(p+1)$ 、光の波長を λ 、および前記 p 層目の薄膜の吸収係数を k とすると、式 (7) によって前記薄膜の膜厚を算出する。

【0038】

請求項 7 に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項 1～6 のいずれかに記載の薄膜の膜厚測定装置であって、受発光手段はロボットハンド上に置かれた基板に対してほぼ垂直に光を照射する。

【0039】

受発光手段は、ロボットハンド上に置かれた基板に対してほぼ垂直に光を照射するので、既存の基板搬送用ロボットをそのまま用いることができる。

【0040】

請求項 8 に記載の薄膜の膜厚測定装置は、請求項 1～7 のいずれかに記載の薄膜の膜厚測定装置であって、受発光手段は成膜装置のゲートバルブの出口付近に設置される。

【0041】

受発光手段は、成膜装置のゲートバルブの出口付近に設置されるので、既存の成膜装置をそのまま用いて膜厚を測定することができる。

【0042】

請求項 9 に記載の薄膜の膜厚測定方法は、基板に対してほぼ垂直に光を照射し、基板からの反射光を受光するステップと、受光された反射光の強度に基づいて

基板の薄膜の膜厚を解析するステップとを含む。

【0043】

基板に対してほぼ垂直に光を照射し、基板からの反射光を受光するので、基板の上下方向のずれや、基板の傾斜や、基板の振動等の影響を受け難くなる。

【0044】

請求項10に記載の薄膜の膜厚測定方法は、請求項9記載の薄膜の膜厚測定装置であって、薄膜の膜厚を測定するステップは、基板からの反射光を波長ごとの強度に分解するステップと、分解された波長ごとの強度に基づいて基板の薄膜の膜厚を算出するステップとを含む。

【0045】

分解された波長ごとの強度に基づいて基板の薄膜の膜厚を算出するので、短時間で膜厚を算出することが可能になる。

【0046】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の実施の形態における薄膜の膜厚測定装置の概略構成を説明するためのブロック図である。この薄膜の膜厚測定装置は、光源1、光源1からの光を基板3上に導き、基板3からの反射光を受光する分岐型光ファイバ2、基板3からの複数の反射光を選択的に遮断する受光制限シャッタ4、分岐型光ファイバ2によって導かれた反射光を波長ごとの光強度に分解する分光器5、および波長ごとの光強度を解析して薄膜の膜厚を解析する計算機6を含む。

【0047】

光源1には、どのような薄膜であっても膜厚の測定ができるように、一定波長域（たとえば、可視光線領域で400～800nm程度の波長域）を有する光を照射できるハロゲンランプ等が用いられる。また、分光器5等の光学部品には、その波長域をカバーできる部品が使用される。

【0048】

図2は、分岐型光ファイバ2の概略構成を説明するためのブロック図である。この分岐型光ファイバ2は、光源1からの光を基板3上に導く光ファイバ21と、光源1からの光を基板3上の測定点①に導き、基板3上の測定点①からの反射光

を分光器5へ導く光ファイバ22と、光源1からの光を基板3上の測定点②に導き、基板3上の測定点②からの反射光を分光器5へ導く光ファイバ23と、基板3上の測定点①からの反射光および測定点②からの反射光を分光器5へ導く光ファイバ24とを含む。

【0049】

図3は、分岐型光ファイバ2をさらに詳細に説明するための図である。図2に示す光ファイバ21は、2本の光ファイバ21aおよび21bを含む。光ファイバ21aは、光源1からの光を基板3上の測定点①へ導く。また、光ファイバ21bは、光源1からの光を基板3上の測定点②へ導く。

【0050】

図2に示す光ファイバ22は、2本の光ファイバ22aおよび22bを含む。光ファイバ22aは、光源1からの光を基板3上の測定点①へ導くものであり、上記光ファイバ21aとによって1本の光ファイバを構成している。また、光ファイバ22bは、基板3上の測定点①からの反射光を分光器5へ導く。

【0051】

図2に示す光ファイバ23は、2本の光ファイバ23aおよび23bを含む。光ファイバ23aは、光源1からの光を基板3上の測定点②へ導くものであり、上記光ファイバ21bとによって1本の光ファイバを構成している。また、光ファイバ23bは、基板3上の測定点②からの反射光を分光器5へ導く。

【0052】

図2に示す光ファイバ24は、2本の光ファイバ24aおよび24bを含む。光ファイバ24aは、基板3上の測定点①からの反射光を分光器5へ導くものであり、上記光ファイバ22bとによって1本の光ファイバを構成している。また、光ファイバ24bは、基板3上の測定点②からの反射光を分光器5へ導くものであり、上記光ファイバ23bとによって1本の光ファイバを構成している。

【0053】

図4は、図1に示す受光制限シャッタ4の概略構成を説明するためのブロック図である。この受光制限シャッタ4は、図3に示す光ファイバ24aおよび24bの先端（光ファイバ24aおよび24bと分光器5との間）に設けられている

。光ファイバ24 aの先端に設けられた受光制限シャッタ4 aは、その開閉によって基板3上の測定点①からの反射光の通過・遮断を制御する。また、光ファイバ24 bの先端に設けられた受光制限シャッタ4 bは、その開閉によって基板3上の測定点②からの反射光の通過・遮断を制御する。一方の受光制限シャッタを閉じ、他方の受光制限シャッタを開くことによって、基板3上の測定点①および②からの反射光の一方のみを選択して分光器5に導くことが可能である。また、受光制限シャッタ4 aおよび4 bを同時に開くことによって、基板3上の測定点①および②の膜厚の平均値を測定することも可能である。

【0054】

図5は、分岐型光ファイバの他の一例を示す図である。基板3上の測定点が常時1点の場合には、図5に示すように光源1からの光を導く光ファイバ25 aおよび分光器5へ反射光を導く光ファイバ25 bが、基板3上の測定点①に設置される光ファイバ26または測定点②に設置される光ファイバ27と接続されるようにして、測定点①または②のみの膜厚を測定できるようにしてもよい。

【0055】

また、図6に示すように、光源1からの光を導く光ファイバ28を移動できるようにし、基板3からの反射光を受光する複数の光ファイバ29～33を設けることによって、光ファイバ28を移動するのみで基板3上の複数ポイントの測定が行えるようになる。

【0056】

図7は、計算機6が実行する膜厚測定処理の処理手順を説明するためのフローチャートである。まず、分光器5によって基板3からの反射光を波長ごとの光強度（スペクトル）に分解する（S1）。計算機6は、分光器5から波長ごとのスペクトルデータを取得し（S2）、理論式を用いて薄膜の膜厚を解析し（S3）、求められた膜厚を計算機6の画面上に表示する（S4）。

【0057】

ここで、薄膜の膜厚を解析するための論理式について説明する。基板の屈折率を n_0 、薄膜の屈折率を n_1 、空気の屈折率を n_2 、薄膜の吸収係数を k 、薄膜の膜厚を d 、光源の波長を λ とすると、基板からの反射光の光強度 R は式（1）

～(6)で表すことができる。

【0058】

光学定数 (n , k) は、光源からの光の波長 λ によって変化する数値であるが、光の波長 λ の変化に応じて光学定数 (n , k) を変化させて式 (1) に代入すれば薄膜の膜厚 d を算出することができる。すなわち、光学定数 (n , k) が既知であり、分光器 5 によって検出された波長ごとの光強度を用いて作成した波長－光強度の曲線があれば、薄膜の膜厚 d を算出することができる。

【0059】

また、光学定数 (n , k) が既知でない場合には、光学定数 (n , k) および薄膜の膜厚 d を以下のようにして求めることができる。

- ① 値を求める対象である薄膜の膜厚 d 、薄膜の屈折率 n_1 、および薄膜の吸収係数 k について、初期値として大まかな数値を式 (1) に代入する。
- ② 次に、それぞれのパラメータ d , n_1 , k の上限値および下限値を設定する。たとえば、薄膜の膜厚 d の場合であれば、初期値 $\pm 50\%$ を上限値および下限値とする。
- ③ パラメータ d , n_1 , k をそれぞれ上限値および下限値の範囲内で変化させて式 (1) に代入し、その結果得られる曲線が実測の波長－光強度の曲線に最も近づくように各パラメータの値を算出する。この判断手法として、たとえば、各波長における両曲線の光強度の差を求め、測定波長領域におけるその差の総和が最も小さくなるようにパラメータを変化させることで各パラメータを求めることができる。この手法によって、光学定数 (n , k) と薄膜の膜厚 d とを同時に求めることが可能となる。

【0060】

また、基板上に薄膜が多層成膜される場合にも、上述した手法と同様にして各薄膜の膜厚を算出することができる。ただし、基板の屈折率を $n(0)$ 、基板から p 層目の薄膜の屈折率を $n(p)$ 、空気の屈折率を $n(p+1)$ 、基板から p 層目の薄膜の吸収係数を k 、薄膜の膜厚を $d(p)$ 、光源の波長を λ とすると、基板からの反射光の光強度 $R(p+1, 0)$ の理論式は式 (7) ～ (11) で表される。

【0061】

基板から一層目の薄膜、二層目の薄膜…と順次論理式に値を代入することにより、すなわち、 p に1, 2…を順次代入することによって、薄膜が何層であってもそれぞれの薄膜の光学定数および膜厚を求めることができる。ただし、薄膜の数が増加するにしたがってパラメータ数も増加するため、演算に要する時間も増加することになる。また、測定精度の観点からも、薄膜の数が増加するにしたがって誤差が大きくなることに注意を要する。

【0062】

計算機6は、求められた薄膜の膜厚 d に基づいて、通信により成膜装置に不良が発生したことを通知したり、成膜装置の成膜条件の設定時に参照するデータベースを構築したりすることが可能となる。

【0063】

図8(a)は本実施の形態における薄膜の膜厚測定装置の設置の一例を示す側面図であり、図8(b)はその平面図である。図8(a)に示すように、図1に示す分岐型光ファイバ2が内部に設けられたセンサ10が、薄膜が形成された基板3に対してほぼ垂直となるように成膜装置のゲート開口部(ゲートバルブ)13の上部に設けられる。この成膜装置は、たとえば、CVD(Chemical Vapor Deposition)法によって成膜を行い、成膜した複数の基板をそれぞれトレイ上に載置する。この複数の基板は、図8(b)に示すアンロード室のゲート開口部13内部に設けられたロードロック14内に貯えられている。基板搬送用ロボット11は、ロードロック14から基板を1枚取り出してロボットハンド12上に載せて、センサ10の真下に基板3が位置するように移動する。そして、薄膜の測定点が複数ある場合には、ロボット11はある測定点の測定が終了するたびに次の測定点がセンサ10の真下になるように移動を繰返す。なお、図8(c)に、ロボットハンド12の形状を示す。

【0064】

図9は、基板の上下方向のずれや、傾斜が測定値に与える影響を説明するための図である。図9(a)は、センサ10と基板3との間の距離を横軸に、本実施の形態における薄膜の膜厚測定装置によって測定された薄膜の膜厚を縦軸にして

いる。図9（a）から分かるように、G1層（窒化シリコン）、i層（アモルファスシリコン）、および n^+ 層（ n^+ 型アモルファスシリコン）のいずれにおいても、測定結果がセンサ10と基板3のとの距離に殆ど影響されないことが示されている。

【0065】

また、図9（b）は、基板3の傾斜角度を横軸に、本実施の形態における薄膜の膜厚測定装置によって測定された薄膜の膜厚を縦軸にしている。図9（b）から分かるように、G1層、i層、および n^+ 層のいずれにおいても、測定結果が基板3の傾斜角度に殆ど影響されないことが示されている。

【0066】

以上説明したように、本実施の形態における薄膜の膜厚測定装置によれば、成膜された基板の薄膜の膜厚を成膜直後に測定することができるため、基板に不良が発生した場合においてその不良基板の成膜直後にその不良を発見することができる。したがって、基板の成膜から不良基板の発見までのタイムラグが殆どなくなり、不良品発生による損害を最小限に抑えることが可能になった。

【0067】

また、成膜条件と薄膜の膜厚とからデータベースを構築することによって、基板の成膜傾向等の成膜状態の予測が可能となった。

【0068】

また、膜厚測定装置のセンサ部分の構造が極めて簡単であり、小型軽量化が可能であるため、既存の成膜装置に設置する際の制約を少なくすることが可能となり、そのメンテナンスも容易に行えるようになった。

【0069】

また、膜厚測定装置は薄膜の膜厚を解析する際、波長－光強度曲線のみで解析が行えるため、短時間（1測定点につき1秒程度）で薄膜の膜厚を測定することが可能となった。また、薄膜の吸収係数を考慮して解析をするため、誤差の少ない膜厚を求めることが可能となった。

【0070】

さらには、分岐型光ファイバを使用したり、光ファイバを複数配置することに

よって、短時間で基板上の複数ポイントの測定が可能になった。

【0071】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態における薄膜の膜厚測定装置の概略構成を説明するためのブロック図である。

【図2】

分岐型光ファイバ2の概略構成を説明するための図である。

【図3】

分岐型光ファイバ2をさらに詳細に説明するための図である。

【図4】

受光制限シャッタの概略構成を説明するための図である。

【図5】

複数ポイント測定のための光ファイバの他の一例を示す図である。

【図6】

複数ポイントを測定する場合の他の一例を示す図である。

【図7】

本発明の実施の形態における薄膜の膜厚測定装置の処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図8】

本発明の実施の形態における薄膜の膜厚測定装置の設置の一例を示す図である。

【図9】

基板の上下方向のずれや、傾斜が測定値に与える影響を説明するための図である。

【図 10】

従来のエリプソメータを用いて膜厚を測定する方法を説明するための図である。

【図 11】

膜厚の測定ができない基板の一例を示す図である。

【図 12】

従来の光干渉法の一例を説明するための図である。

【図 13】

反射光の波長と光強度との関係の一例を示す図である。

【図 14】

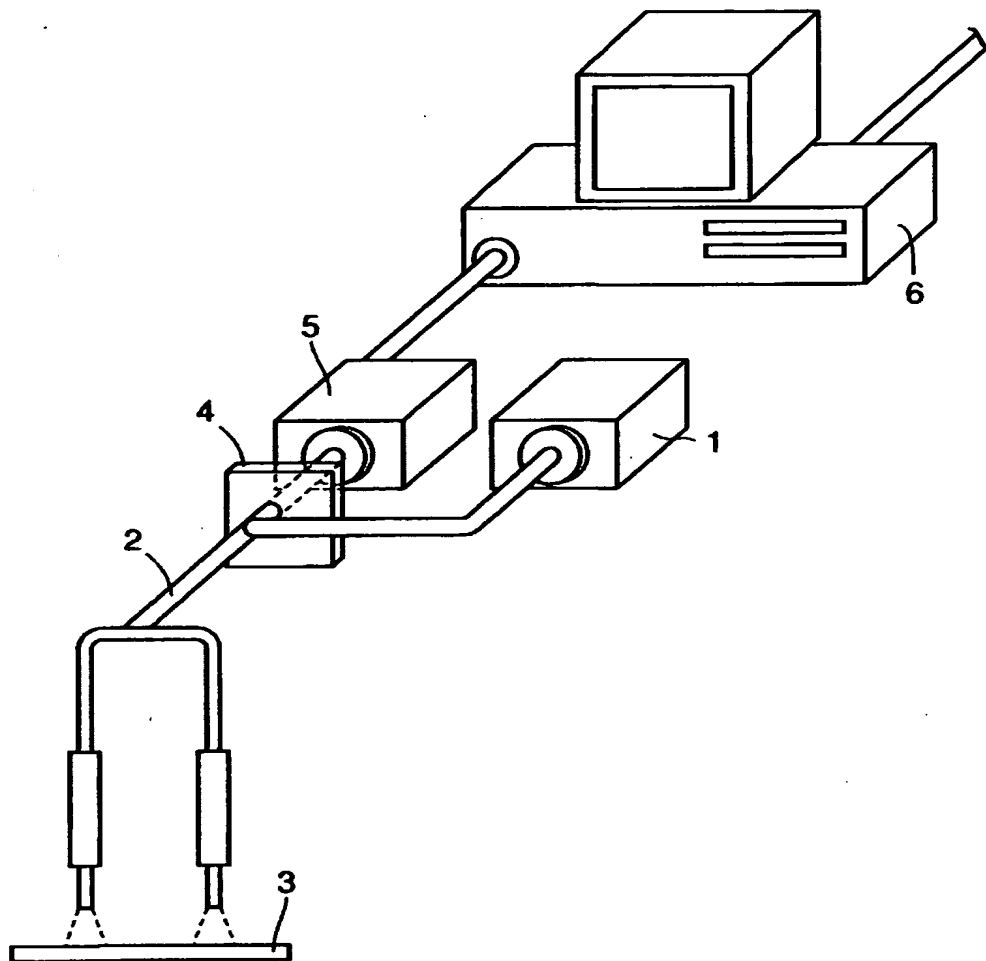
ピーク・バレイ法によって膜厚を測定できない場合の波長－光強度曲線の一例を示す図である。

【符号の説明】

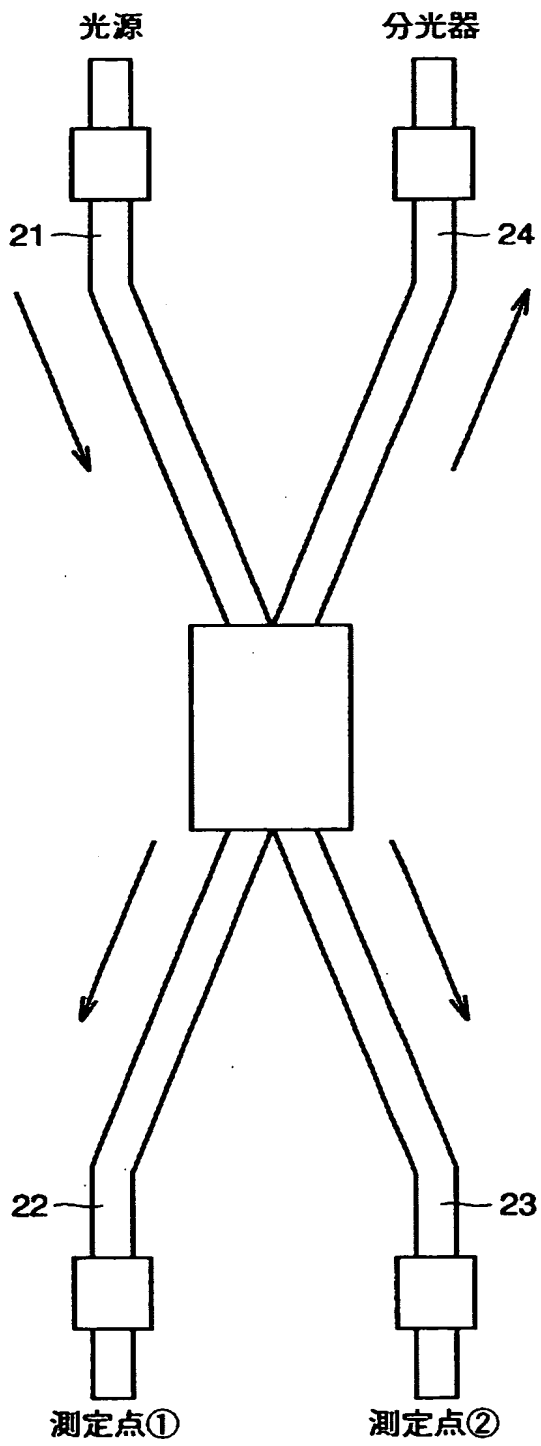
- 1 光源
- 2 分岐型光ファイバ
- 3 基板
- 4 受光制限シャッタ
- 5 分光器
- 6 計算機
- 10 センサ
- 11 基板搬送用ロボット
- 12 ロボットハンド
- 13 ゲート開口部
- 14 ロードロック
- 21～33 光ファイバ

【書類名】 図面

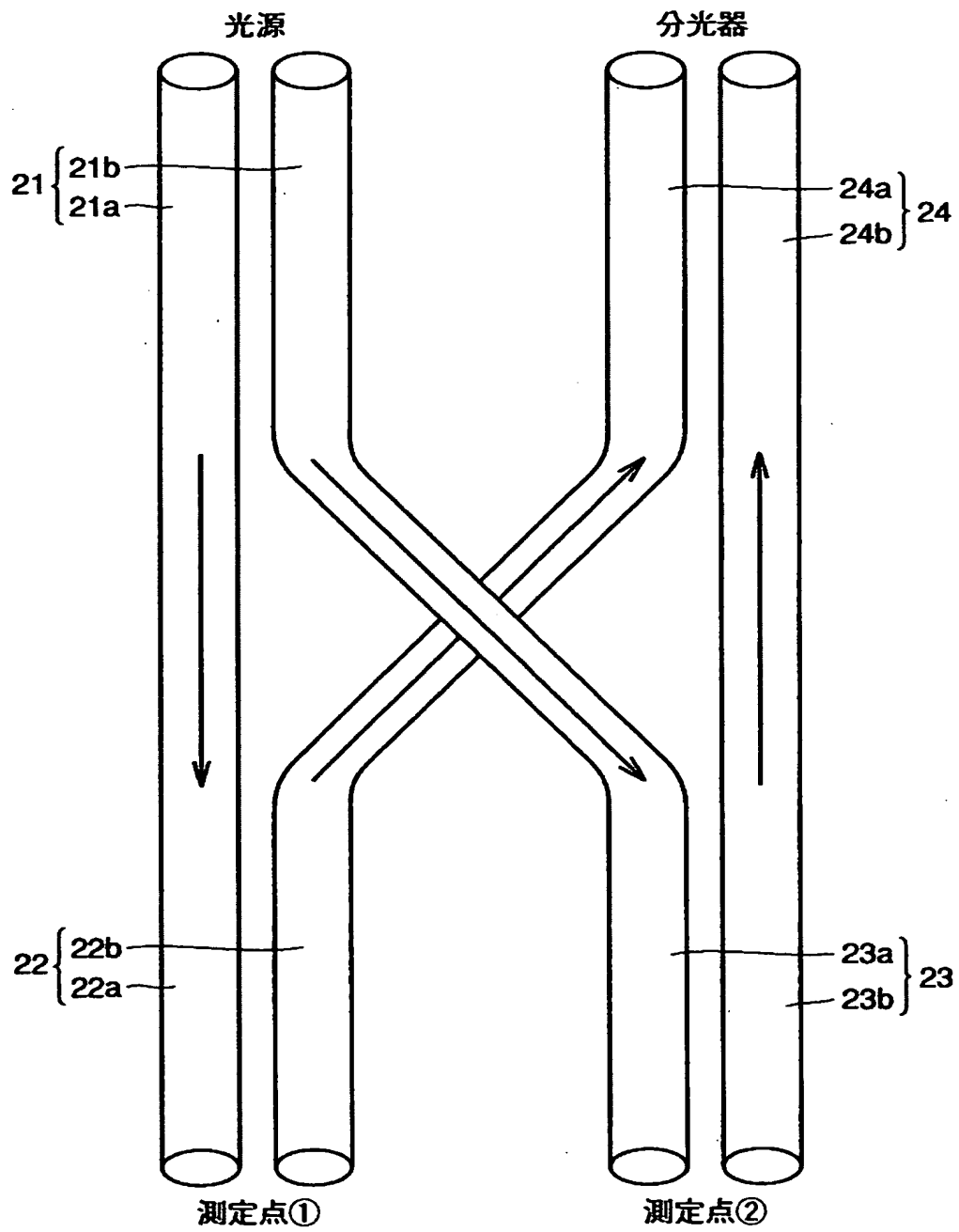
【図 1】



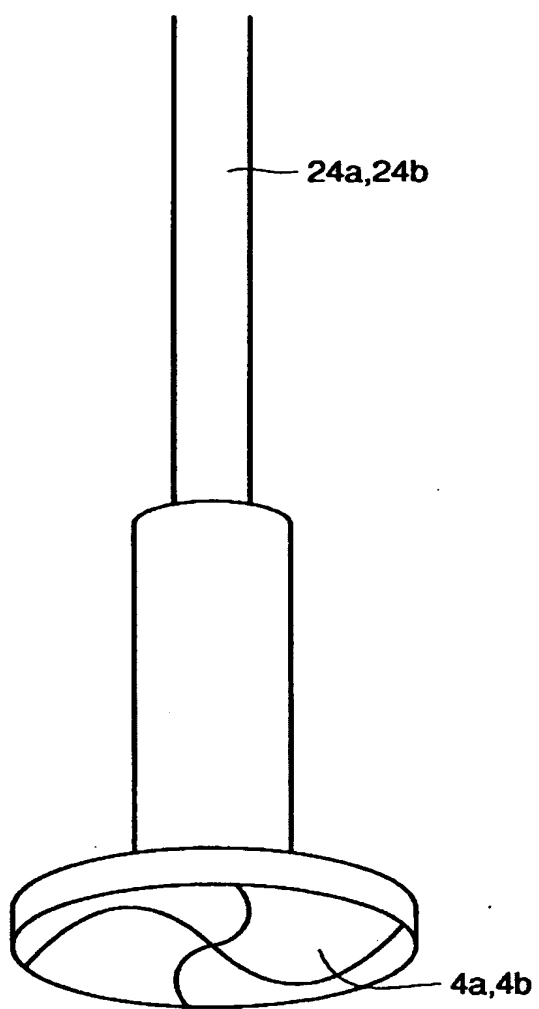
【図 2】



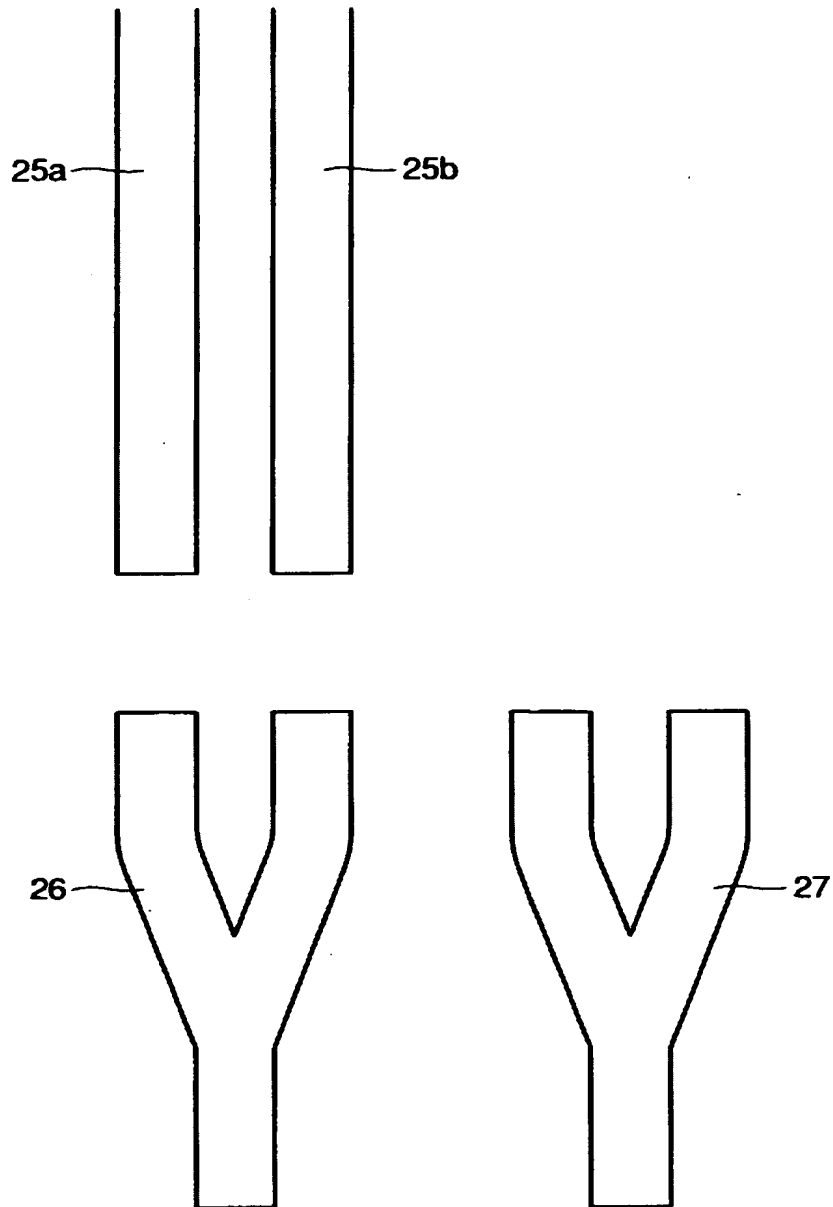
【図 3】



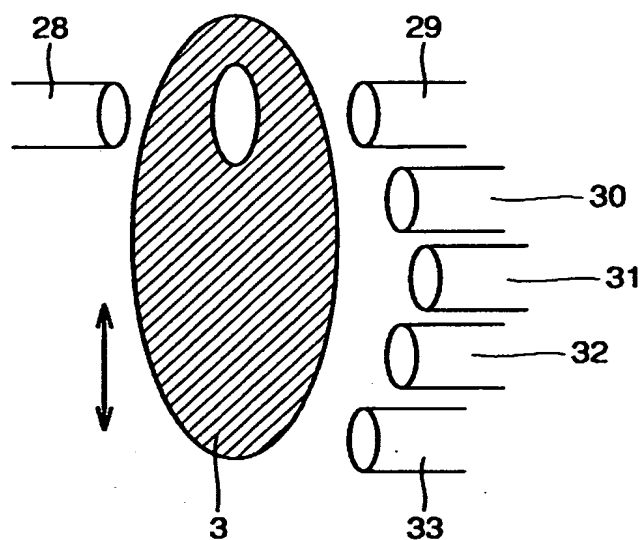
【図 4】



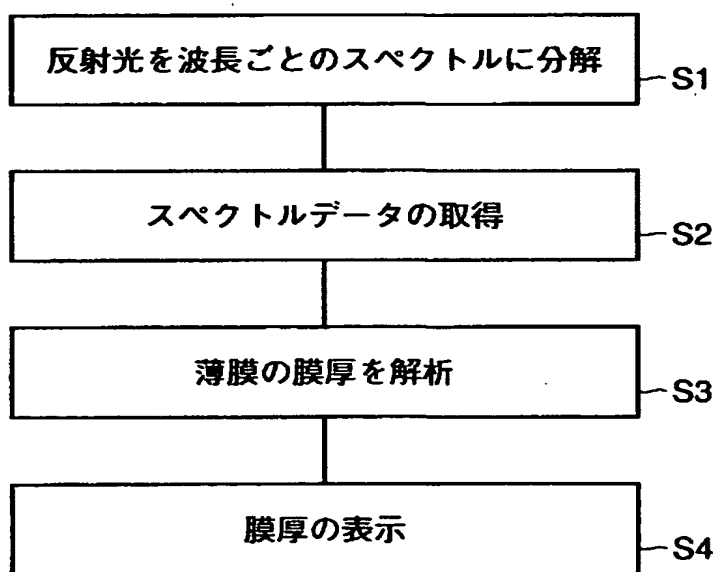
【図 5】



【図 6】

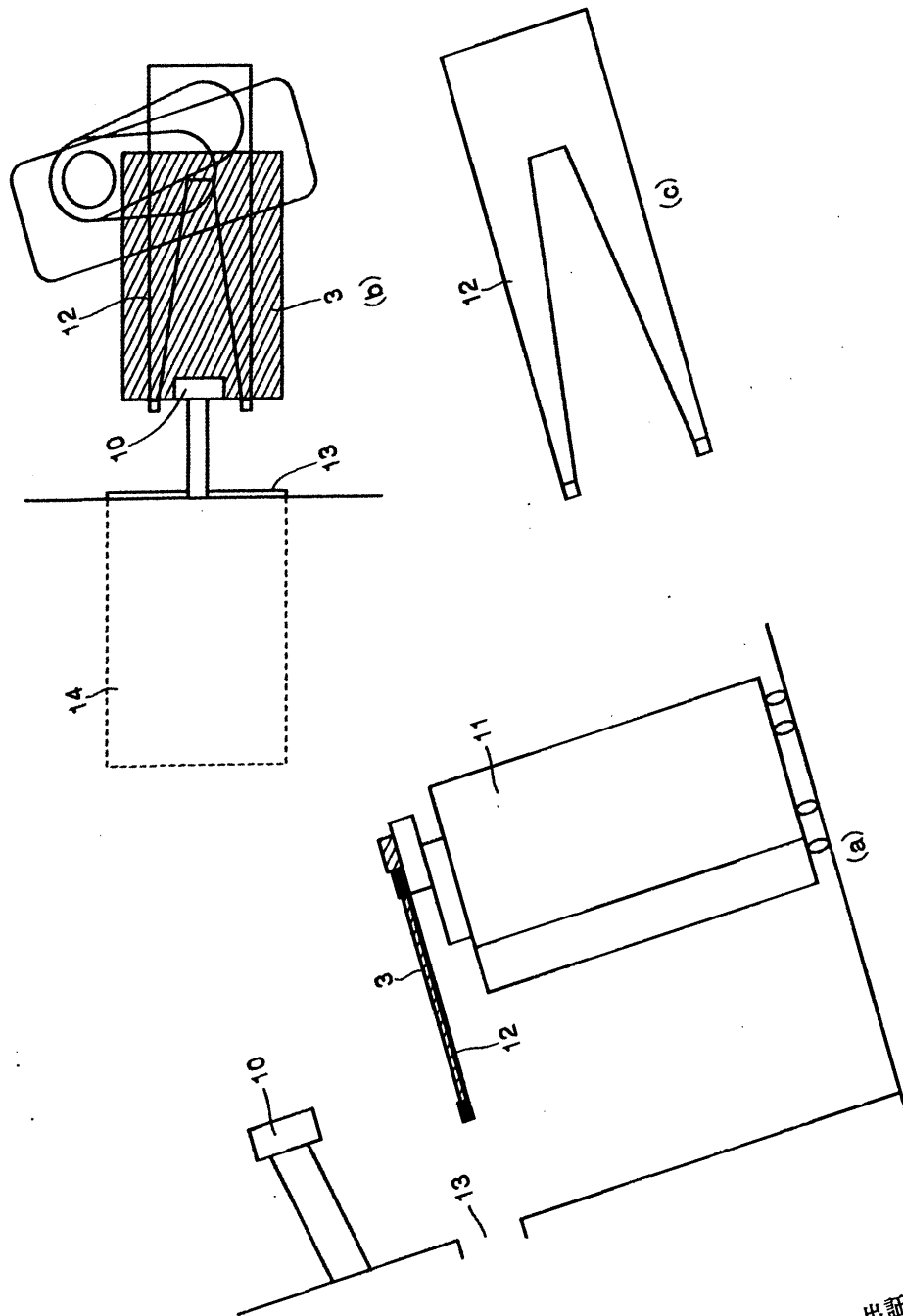


【図 7】



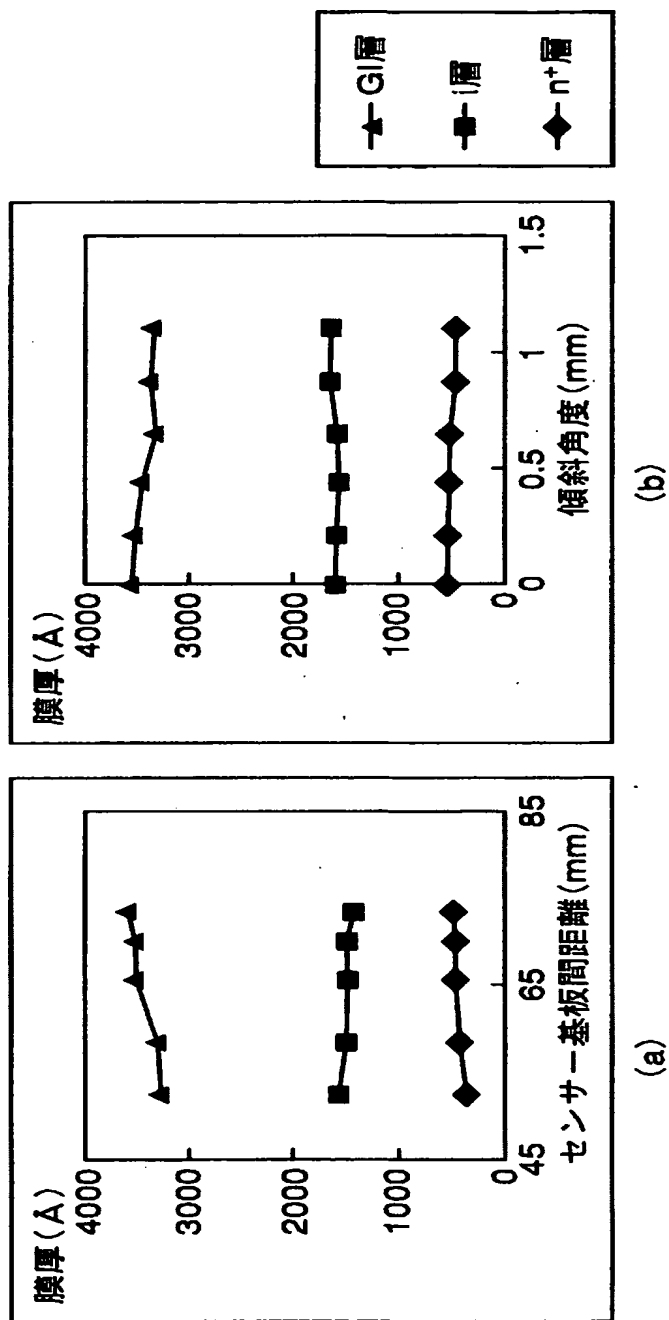
特平 10-367660

【図8】

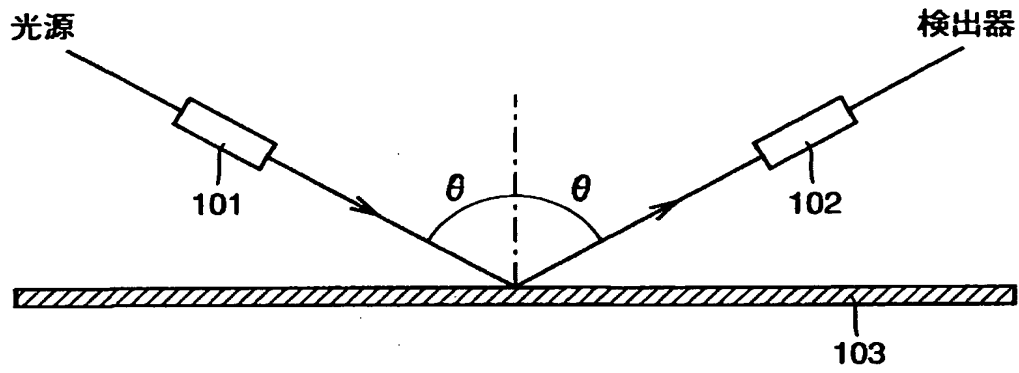


出証特平 11-3074294

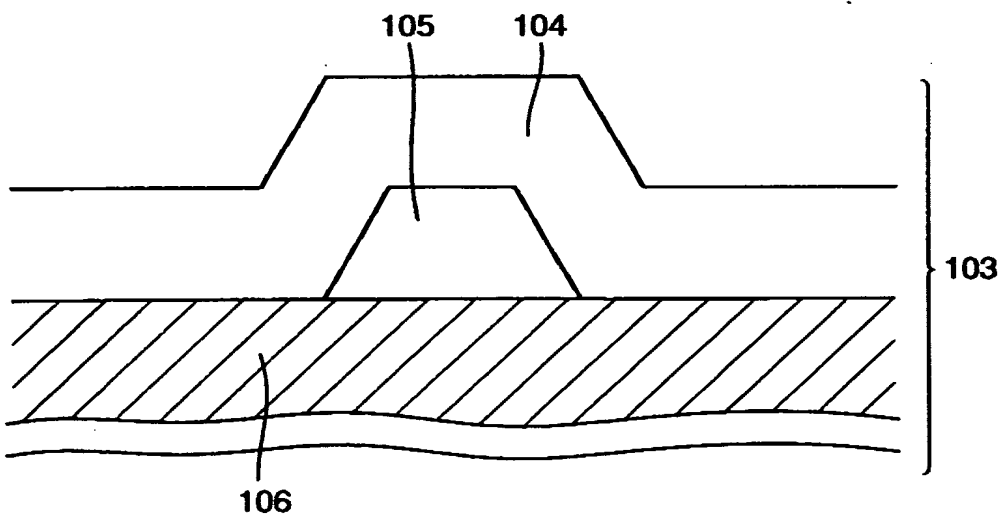
【図9】



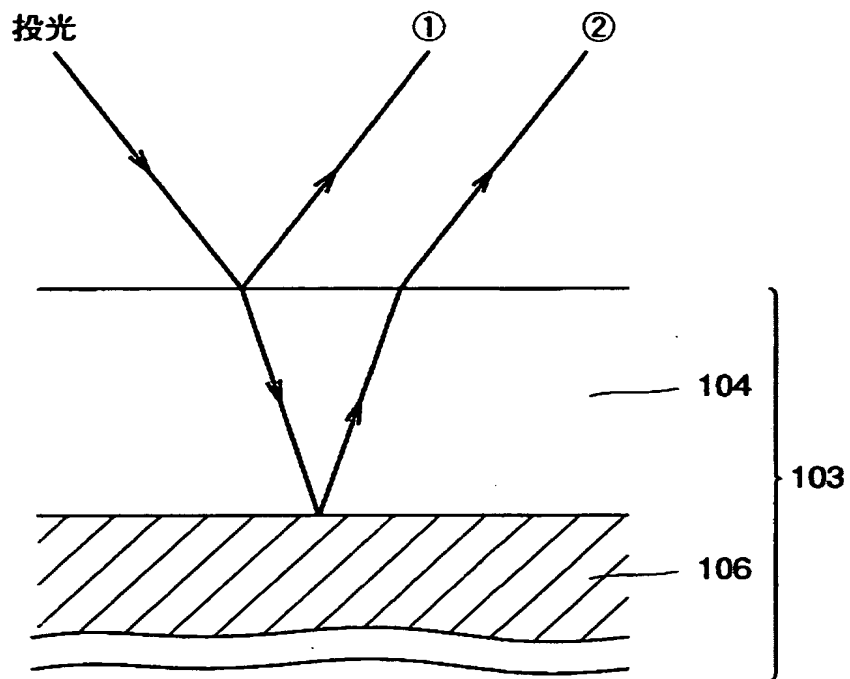
【図 10】



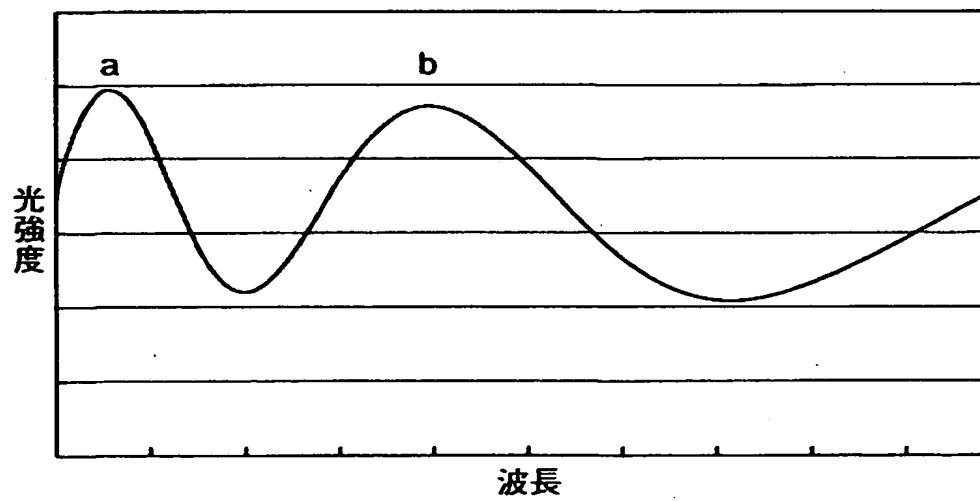
【図 11】



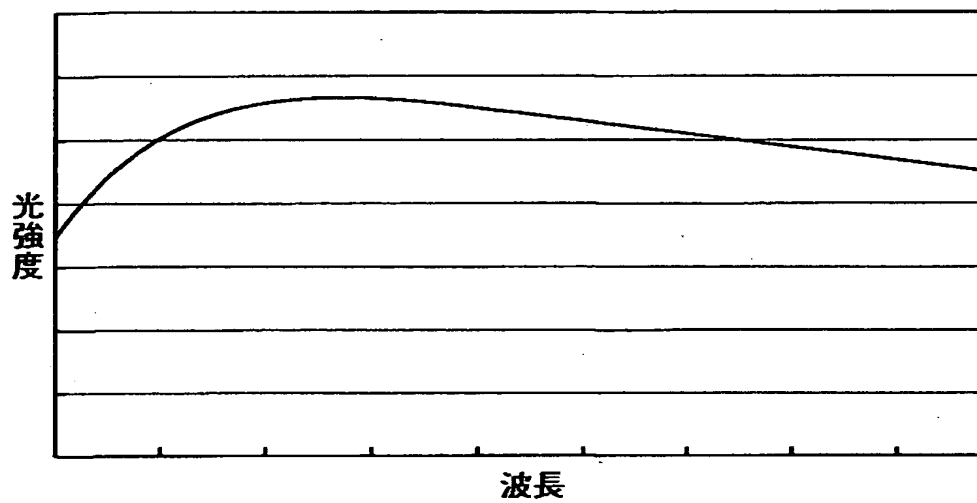
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 成膜された基板の薄膜の膜厚を成膜直後に測定することが可能な薄膜の膜厚測定装置を提供すること。

【解決手段】 薄膜の膜厚測定装置は、基板 3 に対してほぼ垂直に光を照射し、基板 3 からの反射光を受光する分岐型光ファイバ 2 と、基板 3 からの反射光を波長ごとの強度に分解する分光器 5 と、分光器 5 によって分解された波長ごとの強度に基づいて基板 3 の薄膜の膜厚を算出する計算機 6 とを含む。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

| | |
|----------|---------------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月29日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 |
| 氏 名 | シャープ株式会社 |